专刊：建设世界科技强国
World Science and Technology Power Construction

从关键指标看我国世界科技强国建设

——基于《国家创新指数报告》的分析

胡志坚* 玄兆辉 陈 钰

中国科学技术发展战略研究院 北京 100038

摘要 党的十九大报告开启了我国迈向世界科技强国的新征程。文章从科技指标研究的视角，梳理我国面向科技强国建设还存在的短板和发展潜力，指出我国科技创新发展近期需要着力提升全社会研发经费投入，特别是企业研发投入的强度，提高国家高等教育人才培养水平，加强国际专利申请水平。中长期看，要面向科技强国建设的战略需求，强化科技人力投入和科研产出质量效率，提高劳动生产率和能源产出率，从而实现从科技强到国家强的发展目标。

关键词 科技强国，关键指标，科技创新，发展短板

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2018.05.003

创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑。党的十九大报告为我国绘制了建设世界科技强国和实现社会主义现代化强国目标的蓝图，不仅提出了建设创新型国家的重大战略方针，也明确了创新型国家建设要为建设科技强国等强国建设提供有力支撑[1]。这是对《国家创新驱动发展战略纲要》提出的建设世界科技强国“三步走”战略的进一步总动员与总部署。当前，面向党和国家确定的2020年进入创新型国家行列、2035年跻身创新型国家前列、2050年建成世界科技强国的战略目标，我国科技创新发展进入到关键阶段[2]。如何客观认识我国科技创新发展与世界科技强国的差距，挖掘提升潜力，对加快创新型国家和科技强国建设有重要启示意义。

截至目前，学界对于科技强国的研究基本上是基于系统论的视角，从国家创新体系的不同维度，开展国家科技强国建设需要的要素、能力、环境及网络关系等问题。学者们较多从世界科技强国的历史经验分析[3]，开展世界主要国家的科技创新发展战略研究[4]。可见，当前研究还没有很好地定量解释我国科技创新向科技强国迈进的方向和路径等问题。本文基于《国家创新指数报告》研究结果，梳理我国面向科技强国建设还存在的短板，从指标发展趋势和潜力分析的视角指出我国科技创新发展近期和中长期努力方向。

* 通讯作者

资助项目：科技部科技创新战略研究专项（ZLY201602）
修改稿收到日期：2018年5月13日

1 中国创新能力发展水平和总体判断

加快创新型国家建设的前提是科学认识和判断我国创新能力发展的水平和阶段。经过不断地演绎和完善，创新的内涵和外延不断丰富，被界定为包括科技创新、制度创新、管理创新和商业模式创新等全面创新；其中，科技创新是核心，是社会生产力和综合国力提升的战略支撑。创新驱动以科技创新结合制度、管理、商业模式和业态等领域的全面创新，推动发展方式向依靠持续的知识积累、技术进步和劳动力素质提升转变，促进经济向形态更高级、分工更精细、结构更合理的阶段演进，实现从科技强到产业强、经济强、国家强的发展新路径。因此，国家创新能力评价必须全面反映科技创新的投入产出能力、企业创新能力、创新环境的改善以及由此带来的经济社会绩效。中国科学技术发展战略研究院在系统研究创新能力评价理论和方法基础上，开展了创新指数研究，自 2011 年以来已连续发布 7 期《国家创新指数报告》，国家创新指数排名已成为判断我国创新型国家建设进程的重要指标之一。

《国家创新指数报告》借鉴了国内外关于国家竞争力和创新评价等方面的理论与方法，构建了包括创新资源、知识创造、企业创新、创新绩效和创新环境 5 个方面、30 项基础指标的国家创新指数指标体系，针对世界 40 个国家（其研发投入总和占全球 95%）创新能力进行综合评价[5]。评价结果显示，中国国家创新指数排名从 2000 年的第 38 位，逐渐上升到 2017 年的第 17 位；我国科技创新发生了整体性、格局性的深刻变化，科技资源投入规模跻身世界前列，创新产出能力引领全球，成为世界创新版图中的重要一极，有望成为世界唯一进入创新型国家行列的发展中国家。但是，必须清晰地看到，中国创新也面临着大而不强的问题，与美国、日本和德国等国家相比还有很大差距。

通过系统梳理《国家创新指数报告》30 项基础指标数据，中国创新能力指标表现分为以下 3 种类型：① 领先指标，即中国在研发经费投入规模、国内专利产出及知识密集型产业发展等方面已位居世界前列的指标；② 处于增长态势，短期内有望较快提升潜力，支撑进入创新型国家行列和前列的指标；③ 相对落后，与发达国家还存在较大差距，需要长期努力提升的指标。针对中国这 3 种类型指标的表现，我国科技创新工作需要有针对性的部署。对于已处于领先位置的指标，要继续保持相对优势，发挥引领作用；对于有潜力较快提升的指标，应作为国家近期科技创新工作关注的重点，有效支撑我国进入创新型国家行列、跻身创新型国家前列；对于还存在较大差距的指标，需要进一步加快发展速度，成为国家中长期工作努力方向，为我国在 21 世纪中叶建成世界科技强国打下坚实基础。

2 近期围绕创新型国家建设的关注重点

2.1 全国研究与开发经费投入强度

研究与开发（R&D）经费投入反映了一个国家创新资源投入和创新活动总体状态，其强度（R&D 经费/GDP）是测度国家创新能力的核心指标。该指标不仅反映科技创新经费投入强度，也可有效衡量科技和经济结合、发展方式转变的情况。近年来，随着创新成为国家的首要发展理念，我国全社会 R&D 经费投入强度快速提升（图 1）。2000 年，中国 R&D 经费/GDP 为 0.89%，不足 1%，2002 年提高至 1% 以上，2014 年突破 2%，至 2016 年继续上升至 2.11%[6]。中国 R&D 经费/GDP 在世界 40 个国家中排名从 2000 年较落后的第 29 位，上升至 2016 年的第 14 位。

比较中国与世界主要创新型国家发现，中国 R&D 经费投入强度还有一定的差距。美国、日本和德国等国家 R&D 经费投入强度长期保持较高水平，多年在 2.5%以上。奥地利、芬兰、瑞典和瑞士等欧洲国家达到 3% 左右。以色列 R&D 经费/GDP 自 2000 年以来更是维持在 4% 左右的水平。我国近邻韩国表现突出，R&D 经费/GDP 从 2000 年的 2.18% 持续攀升至 2014—2016 年的 4.2% 以上。从发展态势看，中国 R&D 经费/GDP 提升

速度有所放缓，且由于起步晚，进入高研发投入时间短。从不同国家 R&D 投入发展历程看，中国当前 R&D 投入水平仅相当于美国 1960 年左右、日本 1980 年左右和韩国 1994 年左右的发展阶段，可见，面向科技强国建设的目标需求，中国 R&D 投入强度有待进一步提升。

从发展趋势看，我国研发投入强度相比其他国家仍处于较快提升的阶段，国际排名将进一步提升。虽然中国 R&D 经费投入增速由“十一五”的 20% 以上，逐步下降至“十二五”以来的 10% 左右，但仍远高于美、日、欧。2013 年中国 R&D 经费投入总量超越日本，成为世界第二大 R&D 经费投入国，与美国的差距迅速缩小，从 2005 年不到美国 R&D 经费投入总量的 10% 增加到 2016 年的 46.2%（图 2）。当前，我国正从高速增长阶段向高质量发展阶段转变，经济发展进入新常态。随着国家创新驱动发展战略的深入实施，我国研发投入强度与发达国家的差距将进一步缩小，为科技强国建设提供重要支撑。

2.2 企业研发投入强度

企业是技术创新主体，其研发投入的规模和水平直接反映国家技术创新的能力、水平和竞争力。经过 20 世纪 90 年代以来的科技创新体制机制改革，中国以企业为主体的创新体系框架已基本建立，企业在国家创新体系中的主体地位不断稳固。但相比美国、德国、日本和韩国等国，我国企业研发投入强度较低，企业创新竞争力还较弱。根据经济合作与发展组织（OECD）的有关数据测算，中国企业研发投入强度（企业 R&D 经费与增加值的比值）2016 年为 2.16%，比 2005 年提高约 1 个百分点。中国企业研发投入强度排名从 2005 年的第 25 位上升至 2016 年的第 15 位[7]。虽然有较大的提升，但仍只约为美国、日本和德国的 60% 左右，比韩国低了 2.67 个百分点（图 3）。中国有创新活动的企业占比也较低，根据各国公布的企业创新调查数据显示，中国有创新活动的企业所占比重约 39.1%，落后于瑞士的 75.3%、德国的 67%，也低于日本的 48%[8]。可见，中国企业创新意识和创新能力还有较大的差距。

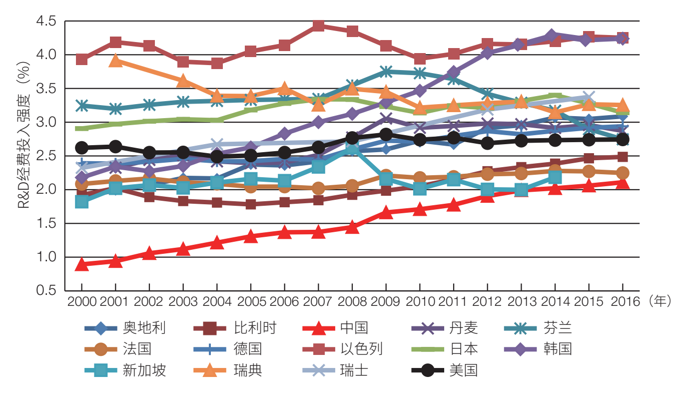


图 1　世界主要国家 R&D 经费投入强度情况（2000—2016 年）

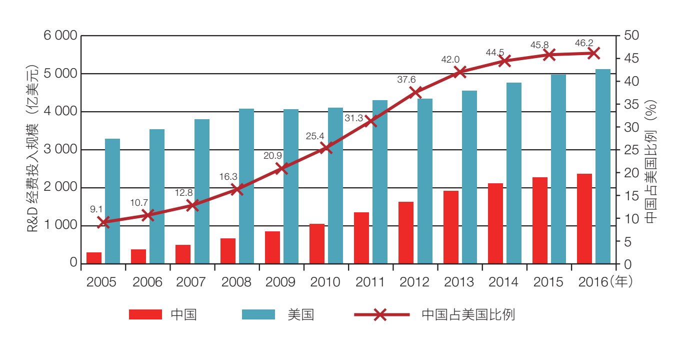


图 2　中国和美国 R&D 经费投入规模（2005—2016 年）

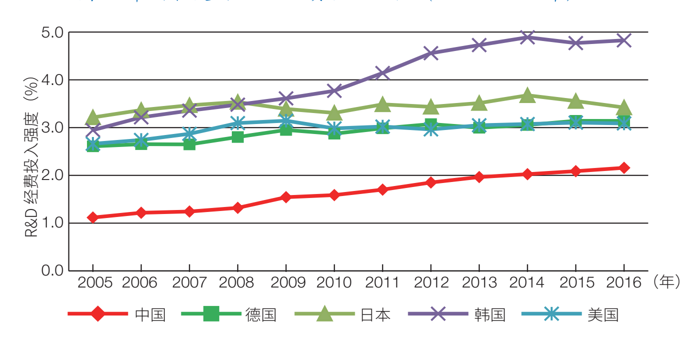


图 3　世界主要国家企业 R&D 经费投入强度（2005—2016 年）

随着劳动力成本上升、原材料价格上涨，以及国际知识产权保护等一系列因素带来的竞争压力，企业逐渐意识到创新对自身竞争力提升的关键作用，因此不断加大对科技创新的投入力度；我国企业创新将从以技术引进、依靠模式创新来占领市场为主，逐步向自主研发、依靠技术创新来开发市场转变，有效支撑创新型国家建设。根据欧盟委员会发布的《企业研发投入 2500 强》报告显示（表 1）[9]，我国大规模投入研发的企业数量迅速增加。2016 年，中国进入世界研发投入 2 500 强排行榜的企业达到 376 家企业，仅次于美国的 822 家，比 2013 年的 199 家大幅增加。

表 1　世界主要国家进入企业研发投入排行榜数量（2010—2016年）

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
美国	487	502	658	804	829	837	822
中国	19	56	93	199	301	327	376
日本	267	296	353	387	360	356	365
德国	101	108	130	138	136	132	134
英国	79	81	107	140	135	133	134
韩国	25	35	56	80	80	75	70
企业总数	1 400	1 500	2 000	2 500	2 500	2 500	2 500

2.3　高等教育毛入学率

创新驱动实质上是人才驱动，高技术人才培养体系是科技强国建设的重要保障。高等教育毛入学率反映了一个国家科技人力资源的培养能力，以及综合国民素质。我国高等教育毛入学率从 2005 年的 19.3% 提高到 2016 年的 42.7%，高等教育发展成效显著。但与主要创新型国家相比，我国高等教育和科技人才培养还较为落后（图 4）。瑞士、英国、德国和日本等国家高等教育毛入学率在 60% 左右，美国和韩国较高，分别为 85% 和 93%。

从历史变化看，21 世纪以来我国高等教育进入快速发展阶段，高等教育毛入学率加速提升。中国高等教育毛入学率自 2008 年以来加速提高，从 20% 左右上升至 2013 年 30%，2016 年迅速大幅提高至 42.7%。根据我国教育发展规划纲要，“十三五”时期末，2020年我国高等教育毛入学率将提高至 50%，教育总体实力和国际影响力显著增强，推动我国迈入人力资源强国和人才强国行列。可以预见，我国高等教育将保持较快发展态势，为科技强国建设提供高质量的人才资源。

2.4　“三方专利占世界比重”和“万名企业研究人员拥有 PCT 专利申请数”

近年来，中国专利产出大幅跃升，国内发明专利申请量和授权量均居世界第 1 位，有效发明专利数量居世界第 3 位。但在当今全球化时代，科技强国的地位取决于一个国家在全球创新价值链的位置。三方专利数占世界比重和每万名企业研究人员 PCT 专利申请数是反映国家技术创新国际竞争力的重要指标。其中，三方专利指在欧洲专利局（EPO）和日本特许厅（JPO）以及美国专利商标局（USPTO）都提出了申请的同一项发明专利。PCT 专利申请是指通过《专利合作条约》（*Patent Cooperation Treaty*）渠道提交申请的专利，根据 PCT 的规定，专利申请人可以通过 PCT 途径递交国际专利申请，向多个国家申请专利，为申请人向外国申请专利提供了更方便的途径。

从三方专利和 PCT 申请专利的分布可以看出（图 5 和 6），高质量的核心技术专利主要集中在美国和日本。2005 年以来，日本三方专利数量占全世界比重一

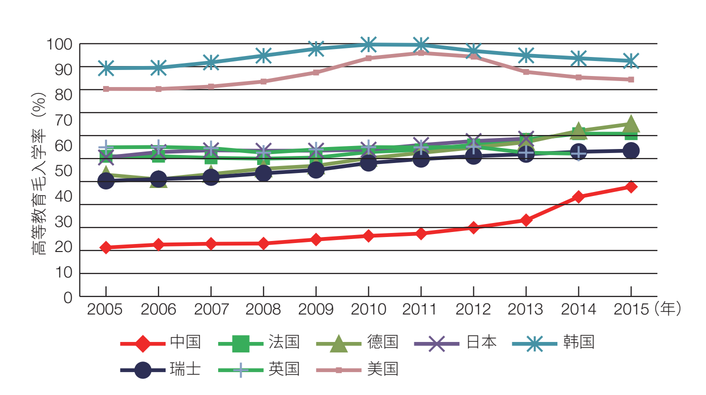


图 4　世界主要国家高等教育毛入学率（2005—2015 年）

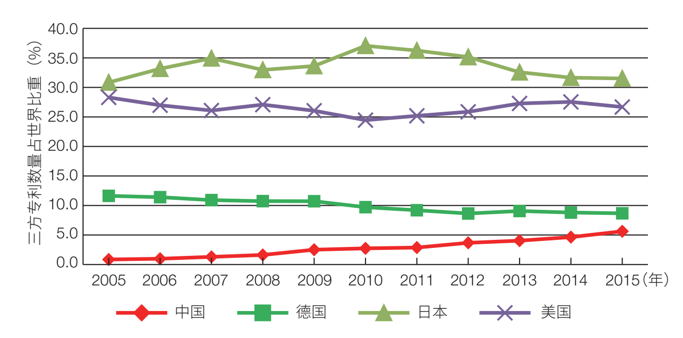


图 5　世界主要国家三方专利数量占世界比重（2005—2015 年）

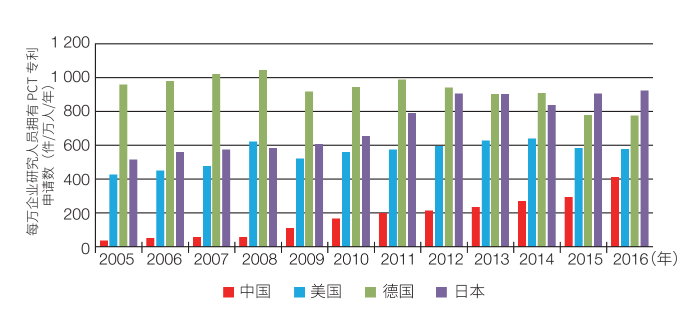


图 6　世界主要国家每万名企业研究人员拥有 PCT 专利申请数（2005—2016 年）

直在30%以上，2010年达到最高的37%，随后有所下降，2015年为31.5%。美国三方专利数量占全世界比重保持在25%左右，2015年达到26.7%。中国三方专利数量占全世界比重虽然从2005年的0.85%上升至2015年的5.63%，但是与世界前2位的日本和美国相比，中国仅为美国、日本的1/5左右。每万企业研究人员拥有PCT专利申请数反映企业技术创新的国际竞争力，中国每万企业研究人员拥有PCT专利申请数从2005年的36件/万人年，上升至2016年的411件/万人年，差距有所缩小，约达到美国的71%、德国的53%、日本的44%。

比较美国、日本、德国和中国4国的发展趋势（表2）：2005年以来，中国三方专利数量保持快速增长，2015年达到3 084件，是2005年的近6倍，10年间平均增速达到19.4%；相反，美国、日本和德国三方专利数量都有下降趋势，2005—2015年平均增速分别为−0.9%、−1.7%和−4%。与此同时，中国PCT专利申请数也大幅领先于美、日、德3国，2005—2016年中国平均增速达到29.5%，远高于日本的5.6%以及美国、德国2%以下的增速。预计，中国三方专利数量将迅速超越德国，不断缩小与美国和日本的差距，PCT专利申请量也将超越日本，与美国差距不断缩小。

表2　世界主要国家国际专利数量

	三方专利数量（件）		
	2005年	2015年	平均增速（%）
日本	18 933	17 266	−0.9
美国	17 374	14 619	−1.7
德国	7 140	4 752	−4.0
中国	523	3 082	19.4
	PCT专利申请数（件）		
	2005年	2016年	平均增速（%）
美国	46 883	56 595	1.7
日本	24 870	45 210	5.6
中国	2 503	43 094	29.5
德国	15 991	18 305	1.2

3 面向科技强国建设我国科技创新工作的中长期努力方向

3.1 科技人力投入强度

人才资源是第一资源。平均每千人中研发人员数量不仅测度了国家对科技创新的人员投入力度，还反映了国家从业人员结构状况，是社会创新活力的重要体现。相比而言，中国科技人力投入强度方面还较为落后，2016年，每千人研发人员数为2.81人年/千人，比2005年提高了1.8人年/千人（图7）。但由于差距较大，中国排名提升缓慢，2016年排名世界第33位，比2005年提高2位。相比而言，中国科技人力投入强度不足美国和日本的1/2，约为瑞士、韩国、德国的1/3左右。按近年来中国R&D人员和人口数增长趋势初步测算，至2035年，中国每千人研发人员数将达到5人年/千人，仍低于美国2016年的水平。

中国作为世界人口第一大国，充分挖掘科技人才这个第一资源的作用，对科技强国建设至为关键。未来须按照《国家创新驱动发展战略纲要》的部署，深入实施人才优先发展战略，坚持把人才资源开发放在科技创新最优先的位置，加强人才培养和人才使用体制机制的协同，优化人才结构，努力培养造就规模宏大、结构合理、素质优良的创新型科技人才队伍。为我国加快创新型国家建设，迈向科技强国目标提供有力支撑。

3.2 科研人员论文产出效率

基础科学研究成果是科技创新的重要源头知识供给。每万名研究人员科技论文数反映了一国科研人员的

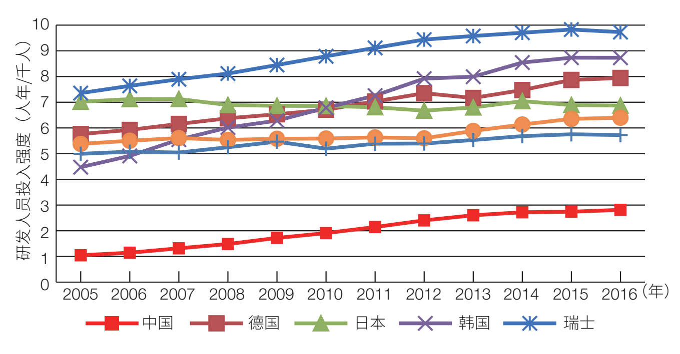


图7　世界主要国家研发人员投入强度（2005—2016年）

知识产出效率。近年来，随着中国科技论文产出快速跃升，中国SCI论文数量已连续8年排在世界第2位，与美国的差距不断缩小。但是从研究人员的科技论文产出效率看，中国每万名研究人员发表国际科技论文数不仅远低于欧、美、日，甚至还低于印度。2016年，中国每万名研究人员发表国际科技论文数1 820篇，约为2005年的3倍，是产出效率最高的瑞士的1/4，美国的60%（图8）。中国在40个国家中的排名一致处于落后位置，2016年排第36位，仅比2005年提高3位。同时，中国SCI论文篇均被引次数低于世界平均水平。

强大的基础科学研究是建设世界科技强国的基石。中国科研人员的科学论文产出表现反映了我国科技创新的知识供给效率较低，对基础科学研究的人员投入不足。未来我国必须强化基础研究系统部署，瞄准世界科技前沿，强化基础研究，深化科技体制改革，促进基础研究、应用基础研究与技术创新一体化，着力实现前瞻性基础研究、引领性原创成果重大突破，全面提升创新能力，服务创新型国家和世界科技强国建设。

3.3 劳动生产率

劳动生产率即单位劳动产出，可以用国内生产总值与社会就业总人数的比值来测度。劳动生产率综合反映了一国科技创新活动的经济发展成效和宏观影响，是决定一国经济是否具有未来增长性的标志性指标，体现国家从科技强到经济强转变的最终效果。

2005—2016年，中国劳动生产率从0.3万美元/人增加至1.4万美元/人，年均增长速度为15.1%（图9）。同期，美国、瑞士劳动生产率平均增速为2.6%和2.9%，德国为0.8%，日本则仅为0.2%，全世界人均GDP最高的卢森堡劳动生产率平均增速为1.5%。由此可见，各国自身增长速度看，中国劳动生产率进步速度远高于主要发达国家。但由于中国人口众多，从劳动生产率绝对水平比较看，中国还远远低于上述国家。2016年中国劳动生产率水平仅为日本的1/5，美国的1/9，卢森堡、瑞士的约1/10。由此可见，中国劳动生产率相比欧美发达国家将长期处于落后状态。

较高的经济产出效益是科技强国的应有之义。未来，随着中国经济转入中高速增长阶段，中国必须全面加快转变经济发展方式和产业转型升级的步伐，着力提高劳动力的素质，进一步开发人口质量红利，实现经济发展由低成本的劳动力优势转向科技创新的优势，通过科技进步提高劳动生产率。加快技术、管理和制度创新步伐，进一步推动“双创”，不断提高自主创新能力和核心竞争力，促进我国制造业向全球产业链中高端攀升，实现从“中国制造”到“中国创造”转变。同时要全面加强依法治国、知识产权的保护力度，要通过政策调整，提升科技研发的回报率。大幅提升全社会综合产出效率，支撑国家从科技强走向经济强。

3.4 单位能源产出效率

能源是人类文明和社会发展最重要的资源要素，重大的科技创新发展变革必然伴随着能源技术改进和更替。因此，高效的能源产出效率是科技强国的必然要求。从国家宏观层面看，能源产出效率可以用每千克标

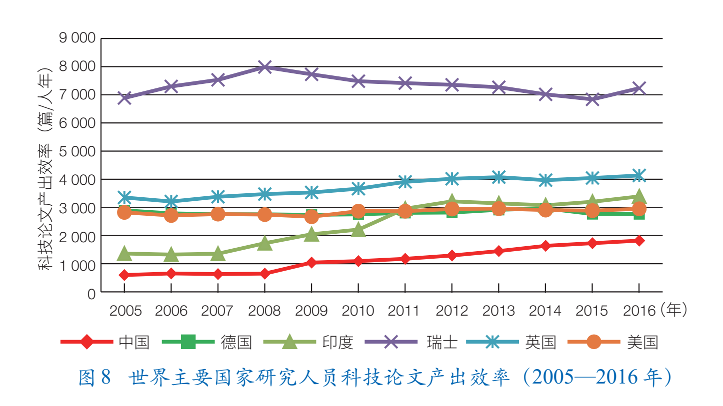


图8 世界主要国家研究人员科技论文产出效率（2005—2016年）

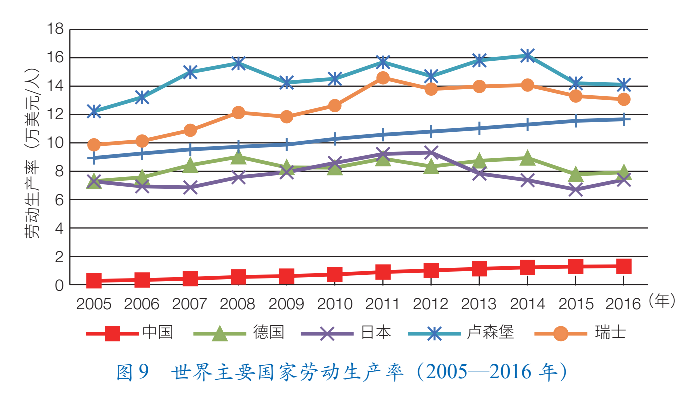


图9 世界主要国家劳动生产率（2005—2016年）

准油能源消耗的GDP产出来测度，反映技术创新带来的能源消耗减少的效果，体现了国家经济社会发展的集约化水平。

《国家创新指数报告》利用世界银行相关数据测算，2005—2015年，中国单位能源消耗的经济产出从1.3美元/千克标准油增加至3.6美元/千克标准油，年均增长速度为10.8%（图10）。同期，瑞士单位能源消耗的经济产出平均增速为5.7%，美国为3.9%，英国为3.5%，德国为2.5%，日本则仅为1%，中国单位能源消耗的经济产出提升速度远高于主要发达国家。但从绝对水平比较看，中国仍差距巨大，能源消耗还比较粗放。2015年，中国约为美国、日本的40%和英国的20%左右，不到瑞士能源产出效率的15%[10]。可见，我国科技强国建设在能源领域还须付出巨大努力。

绿色发展是我国新时期发展的重要理念之一。我国必须面向科技强国建设目标，瞄准国际能源技术发展的趋势，发挥科技创新在全面创新中的引领作用，重视能源科技创新体系的建立和完善，提高能源技术创新能力和装备制造水平，加强能源自主创新能力，提升能源产业国际竞争力。

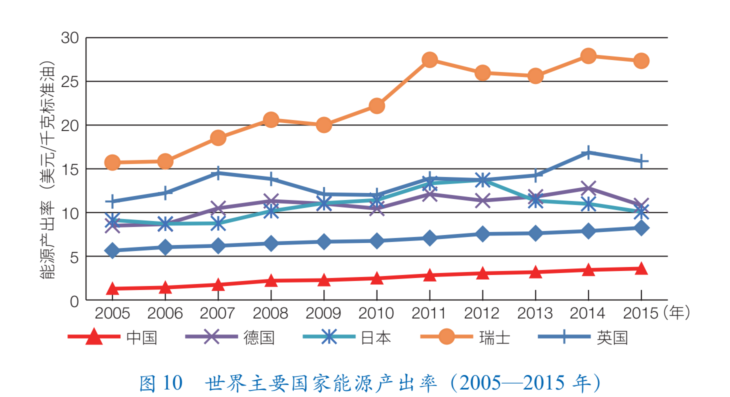


图10　世界主要国家能源产出率（2005—2015年）

参考文献

1 习近平. 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利. 北京: 人民出版社, 2017.

2 中共中央, 国务院. 国家创新驱动发展战略纲要. 北京: 人民出版社, 2016.

3 张永凯, 陈润羊. 世界科技强国科技政策的趋同趋势及我国的应对策略.科技进步与对策, 2013, 30(2): 108-111.

4 陈劲, 黄海霞. 建设科技创新强国理论与实践探索.中国科技论坛, 2018, (1): 7-15.

5 中国科学技术发展战略研究院. 国家创新指数报告2016—2017. 北京: 科学技术文献出版社, 2017.

6 国家统计局社会科技文化产业统计司, 科技部创新发展司. 中国科技统计年鉴2017. 北京: 中国统计出版社, 2017.

7 OECD. Main Science and Technology Indicators 2017-2. [2018-05-10]. http://www.oecd.org/sti/msti.htm.

8 National Science Board. Science and Engineering Indicators 2018. [2018- 05-10]. https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/.

9 European Commission. The 2017 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. Luxembourg, doi: 10.2760/912318.

10 World Bank. World Development Indicators 2017. Washington DC: The World Bank, 2017.

Analysis of Key Indicators for Construction of China's World Science and Technology Power

—Based on *the National Innovation Index*

HU Zhijian* XUAN Zhaohui CHEN Yu

(Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038, China)

Abstract The report delivered at the 19th National Congress of the Communist Party of China initiated a new journey for China to build a world science and technology power. This paper sorts out the shortcomings and development potentials facing China's science and technology power construction. It points out that the development of China's scientific and technological innovation needs to focus on raising R&D expenditure in the entire society, especially the intensity of business enterprise R&D expenditure, improving the national's higher education level, and strengthening the level of international patent applications. In the medium and long term, it is necessary to face the strategic needs for the science and technology power building, strengthen the input of scientific and technological manpower and the quality and efficiency of scientific research output, and increase the overall labor productivity and energy efficiency of the entire society, in order to realize a new development path from science and technology power to national comprehensive strength.

Keywords science and technology power, key indicators, science technology and innovation, development shortcomings



胡志坚 科学技术部中国科学技术发展战略研究院院长，博士，研究员。兼任中国科学技术院所联谊会副理事长，中国科学技术法学会副会长，中国科学学与科技政策研究会副理事长，2011—2017年任世界经济论坛全球议程理事会委员。E-mail: huzj@casted.org.cn

HU Zhijian Doctorate degree. He was appointed as President of CASTED (Chinese Academy of Science and Technology for Development), Ministry of Science and Technology in 2014. He also serves as Vice President of China Federation of Scientific and Technological Institutes, Vice President of China Law Association on Science and Technology, and Vice President of China Science and Technology Policy Research Association. From 2011 to 2017, he served as Council Member of the Global Agenda, World Economic Forum as well. E-mail: huzj@casted.org.cn

*Corresponding author